

甘肃河西黑风成因及预报

付有智 刘坤训 丁 荣 王西育 曹玲 张峰

(甘肃省张掖地区气象台, 734000)

董光复

(甘肃省玉门市气象站, 735200)

提 要

在总结甘肃河西地区黑风天气研究的基础上,从实际应用出发,分析了该地区黑风天气的形成原因,制作了一套黑风短时预报和临近订正方法。用该套方法对 70 年代以来有影响的 9 次黑风个例进行了试报,效果较好。且该套预报方法具有推理简单、实用性强、准确率高、便于推广使用的特点。

关键词: 黑风 成因 预报

引 言

黑风是大风天气中的一种特大沙暴天气,其标准是:瞬间风速 $\geq 25\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,最小能见度 $\leq 50\text{m}$,黑风出现时会给国家和人民生命财产带来极大损失。自张掖“1977.4.22”黑风的惨痛教训后,我们就很重视对大风天气的总结和预报,分别建立了黑风档案和制作了一系列大风短期、短时预报工具,研制了准确率较高的“张掖地区春季大风预报专家系统”。这些基本业务建设无异给正常的预报工作带来了很大益处。

1 河西黑风成因

1.1 地理环境

河西地区位于甘肃省的西部,这里气候干燥、降雨量稀少,气象要素日变化大,且由于植被较差,绝大部分地表裸露,多沙漠戈壁。特殊的地理环境为产生大风、黑风沙暴天气提供了环境场所,尤其是河西走廊为一条东西长约 1000km,南北宽约几公里至百余公里的狭长地带(图 1),走廊内南有祁连山,北有马鬃、合黎、龙首三山,构成了一个“狭管地带”。兰州中心气象台在分析河西地区黑风成因^[1]时计算了由狭管效应引起的风速变

化,指出:“即使在没有辐散辐合的情况下,入口处的空气流到狭管处,风速大约要增加 1.6 倍。”据此我们认为,河西地区之所以常出现特大黑风沙暴天气,其特殊的狭管地形效应是主要成因之一。

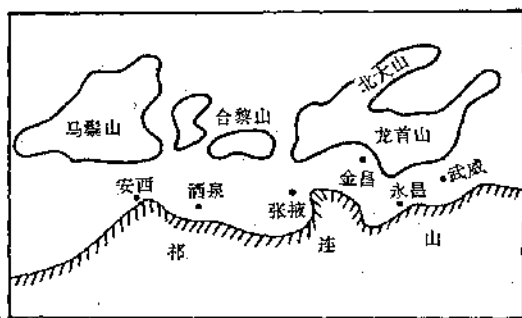


图 1 河西走廊地形图

1.2 影响系统

1.2.1 高空环流形势

黑风天气是不同尺度天气系统共同影响的产物。黑风出现时其极大风速维持的生命史较短(一般只有 0.1—1 小时左右),而相应的大风($\geq 17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)持续时间较长(5—10 小时左右)^[2],且大都出现在下午到上半夜。根据以上特点,我们在普查中发现,当日 08

时的天气环流形势对黑风的预报有着很好的对应性。经统计,过程日 08 时 500hPa 图上,平均情况是 $40^{\circ}\text{--}60^{\circ}\text{N}$ 、 $70^{\circ}\text{--}95^{\circ}\text{E}$ 范围内有一个长度 ≥ 8 纬距的高度槽,槽前 $\Delta H_{24} \leq -6\text{hPa}$,暖温度中心值 $\geq -4^{\circ}\text{C}$,槽后 $\Delta H_{24} \geq 10\text{hPa}$,冷温度中心值 $\leq -29^{\circ}\text{C}$ 。相应的 700hPa 槽线超前于 500hPa 槽线 3—5 个经度,槽前在 52 区有一个 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 的暖脊存在,此暖脊强盛时可呈西北东南向,南源在河西地区一带,北伸至乌兰巴托一带(如 1977. 4. 22 和 1993. 5. 5)。槽后在 $40^{\circ}\text{--}55^{\circ}\text{N}$ 、 $80^{\circ}\text{--}90^{\circ}\text{E}$ 内有 $\leq -16^{\circ}\text{C}$ 的冷中心配合。此外,51288 或 52203 站的 $\Delta T_{24} \leq -5^{\circ}\text{C}$ 。

1.2.2 地面影响系统

普查中发现,过程日 08 时图上,对应高空锋区在 $38^{\circ}\text{--}50^{\circ}\text{N}$ 、 $80^{\circ}\text{--}108^{\circ}\text{E}$ 内,有一条强对流层冷锋已移出南疆盆地,冷锋的南端位于若羌至冷湖一带,锋后有 $\geq 4\text{hPa}$ 的 ΔP_{24} ,且 51463 与 52652 站的海平面气压差 $\geq 16.7\text{hPa}$ 。冷锋前有一热低压,该低压的强弱与形成的风速大小成正比^[3]。分析表明,锋面经过某地的时间则是大(黑)风开始刮起的时间,这一点不同于其它天气。其它天气在河西走廊出现时与冷锋的配置是,锋面过境时间超前于实际天气现象平均在 30 分钟以上。

1.3 几个物理量统计事实

据对 1985 年后的大风个例统计,当日 08 时垂直速度图(传真)上,在 $32^{\circ}\text{--}42^{\circ}\text{N}$ 、 $90^{\circ}\text{--}95^{\circ}\text{E}$ 内有 $\geq 10 \times 10^{-3}\text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 的值,并且 $32^{\circ}\text{--}42^{\circ}\text{N}$ 、 $96^{\circ}\text{--}103^{\circ}\text{E}$ 内有 $\leq -8 \times 10^{-3}\text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 的中心值存在,当负垂直速度中心值 $\leq -10 \times 10^{-3}\text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,河西地区有 $\geq 25\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的黑风出现。

用当日的北京气象中心 36 小时全风速预告图,统计结果是:850hPa 图上沿 40°N 纬线与 90° 、 95° 、 100°E 交叉点读数之和 $\geq 28\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,并且 700hPa 图上沿 40°N 纬线与 90° 、 95° 、 100°E 交叉点读数之和 $\geq 20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,河西地区有 $\geq 25\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的大风出现。

综上所述,造成河西地区黑风的大尺度天气形势,仍具备着产生其它天气(如寒潮、降水)的环流形势,即首先在高空图上要具备

强冷、暖空气配合的高度槽脊存在。对应地面图上,除具有一条强对流层冷锋外,其冷锋前后的各气象要素变化异常剧烈,尤其是锋后出现的大风站点数和明显的 ΔP_3 值,它可直接提示我们“请注意:有可能出现黑风”。此外,与 700hPa 槽线相配合的垂直速度是造成大(黑)风天气的一个重要因素,强上升运动区存在的地方即是大(黑)风出现的地方。如 1993 年 5 月 5 日 08 时垂直速度图上,在张掖、酒泉一带有 $\leq -20 \times 10^{-3}\text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 的闭合中心值(这在我们的统计个例中是唯一极大值),到 6 日 08 时,此中心值已移出河西位于兰州一带。

2 黑风的时空分布

2.1 时间分布

河西地区的大风天气多出现在 3—5 月份,其中 4 月份最多,占春季大风日数的 62%。黑风集中在 4 月中旬—5 月中旬,且大都出现在 12—22 时时段内。据甘肃气候志资料^[4],4—5 月份,河西地区平均温度日变化为年内最大,变化幅度为 $15.2^{\circ}\text{--}17.1^{\circ}\text{C}$ 。由此可见,河西地区特有的日变化影响是造成黑风的又一关键因素。

2.2 空间分布

河西走廊的黑风分布为“西多东少”,酒泉地区最多为 66 站次,张掖地区 25 站次,武威地区 16 站次。极大风速也呈“西大东小”的趋势。酒泉地区丁新气象站在 1969 年 4 月 5 日出现过 $> 40\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的大风,张掖在 1977 年 4 月 22 日出现过 $34\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,永昌气象站在 1975 年 4 月 6 日出现过 $30\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。黑风的这种分布状况,除以上分析过的成因外,在预报中还要考虑天气系统生成发展的位置。统计发现,当 08 时 500hPa 图上的高度槽线位于七角井(51495)站以东时,黑风出现在河西东部地区,反之,黑风将出现在河西中部或者东部地区。

3 预报知识及规则

3.1 预报知识

预报有黑风天气的知识是以 08 时资料为主要依据,选用了 11 条,并对历史上 9 次(710405、770422、830518、850415、850416、

890419、900312、860519、930505)有影响的黑风个例进行了回报检验。

x_1 : 08 时 500hPa 图上, 在 40°N 、 70°E 范围内有 ≥ 8 纬距的槽线存在, 并且槽前 $\Delta H \leq -6\text{hPa}$, 槽后 $\Delta H \geq 10\text{hPa}$ 。

x_2 : 08 时 700hPa 图上, 在 52 区的 38°N 以北范围内有一个 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 的暖区。

x_3 : 08 时 700hPa 图上, 在 40°N 、 75°E 范围内有 $\leq -16^{\circ}\text{C}$ 的低温中心。

x_4 : 08 时 700hPa 图上 51288 或 52203 站的 $\Delta T_{24} \leq -4^{\circ}\text{C}$ 。

x_5 : 08 时地面图上, 在 38°N 、 80°E 内有冷锋存在, 并且锋后 $\Delta P_{24} \geq 3.2\text{hPa}$ 。

x_6 : 08 时地面图上, 在南疆至酒泉地区内有 $\Delta P_3 \geq 7.5\text{hPa}$ 。

x_7 : 08 时地面图上, 51 区的 $+\Delta P_{24}$ 极大值与 52 区 $|\Delta P_{24}|$ 极大值之和 $\geq 10\text{hPa}$ 。

x_8 : 14 时地面图上, 冷锋后 $\Delta P_3 \geq 4.1\text{hPa}$, 且有 ≥ 3 站的大风区 ($\geq 12\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 或有 $912f_x f_z$ 报组)。

x_9 : 14 时地面图上, 冷锋后 52 区的 $\Delta T_{24} \leq -7.0^{\circ}\text{C}$ 。

x_{10} : 08 时垂直速度传真图上, 在 90°E 内 $\geq 10 \cdot 10^{-3} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$, 且在 96°E 内 $\leq -10 \cdot 10^{-3} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

x_{11} : 20 时 850hPa (或 700hPa) 全风速 36 小时预告图上, 沿 40°N 与 90° 、 95° 、 100°E 的三点读数之和 $\geq 28\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (或 700hPa 图上 $\geq 20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)。

3.2 预报规则

用以上 11 条预报知识, 我们以“专家预报系统”的正向推理思路, 建立了短时预报、临近订正预报和落区推理规则各一套, 以下分述之。

3.2.1 短时预报规则

图 2 是短时预报的正向推理树结点。推理逻辑是: IF x_6 OR (x_1 AND x_5 AND x_7 AND x_2 AND x_{11} AND (x_3 OR x_4)) 成立, 则预报当日白天到夜间河西有黑风出现, 否则无。

3.2.2 订正预报规则

当发布了黑风预(警)报后, 但在 14 时前还未出现, 此时再用图 3(左)推理树进行推理。推理逻辑是: IF x_8 AND (x_9 OR x_{10}) 成立, 则有黑风, 否则就可发布解除(无)黑风的订正预报。

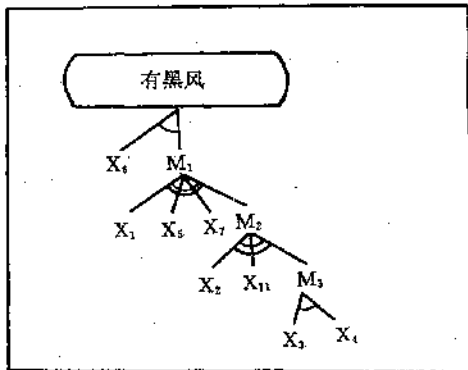


图 2 预报有黑风的推理树

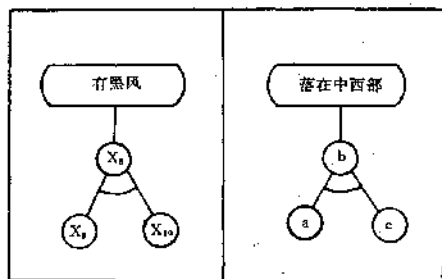


图 3 推理树

左: 订正有黑风推理树; 右: 黑风落区推理树

3.2.3 落区规则

我们将河西走廊分为东部(武威地区)和中西部(张掖地区和酒泉地区)两大落区进行预报, 其中有 3 条预报知识。

a: 当 08 时地面图上的低压中心处在张掖以西时 (102°E 以西), 黑风落在中西部, 否则落在东部。

b: 08 时 500hPa 图上的高度槽线位于 90°E 以西时, 黑风将落在中西部, 否则落在东部。

c: 08 时地面图上的 ΔP_3 中心处在 51 区, 则黑风落在中西部, 否则落在东部。

图 3(右)是落区推理树, 当推理通过, 则黑风落在中西部, 否则落在东部。

3.2.4 举例

作为示例,我们对1993年5月5日河西东部出现的黑风进行一次回报。

首先用图2进行起报,逐项预报知识的实况如下:

$x_6=4.7\text{hPa}$,不符合条件。因为 x_6 和其它知识规则间的关系是或者的关系,所以还要看其它知识规则是否符合。

x_1 :槽线位于 $40-65^\circ\text{N}$, $85-100^\circ\text{E}$,长度为15纬距,槽前 $\Delta H=-20\text{hPa}$,槽后 $\Delta H=22\text{hPa}$,符合。

x_2 :张掖站的温度为 6°C ,符合。

x_5 :冷锋的南端已过野马街,位于安西、敦煌和若羌一带,锋后 $\Delta P_3=4.7\text{hPa}$,符合。

$x_7=17\text{hPa}$,符合。

$x_{11}=28\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,符合。

x_3 :51288站的温度为 -18°C ,符合。

至此,预报有黑风的逻辑推理完全通过。

再用图3(右)进行落区推理:

b:08时500hPa图上的高度槽线,已位于 90°E 以东,符合黑风落在河西东部地区的规则。

a:08时地面图上低压中心位置在乌兰巴托,移过 102°E ,符合黑风落在河西东部地区的规则。

由于b、a两条件已满足,则c条件就不必查对。根据预报和落区推理规则的结果,对应的预报结论是“今天下午到夜间,河西东部地区有黑风”。

1993年5月5日河西东部地区的黑风

是14时以后出现的,根据前述的预报规则,还得用图3(左)进行订正预报推理:

$x_8:\Delta P_3=5.5\text{hPa}$,已出现大风的站点有9站,符合规则。

x_9 :52323站的 $\Delta T_{24}=-18^\circ\text{C}$,符合规则。

x_{10} : $90-95^\circ\text{E}$ 内的 $\omega=45\cdot 10^{-3}\text{hPa}\cdot\text{s}^{-1}$, $96-103^\circ\text{E}$ 内的 $\omega=-20\cdot 10^{-3}\text{hPa}\cdot\text{s}^{-1}$,符合规则。

订正预报为有黑风,此时可再发布一次“傍晚到夜间河西东部地区有黑风”的预报或警报。

需说明的是,该套预报方法是我们在1993.5.5过程后总结预报经验时,以张掖地区春季大风预报专家系统为基础,用大量的历史事实统计检验后得出的。

4 几点体会

4.1 黑风天气不是不可预报的。造成黑风天气的影响系统在过程当天08时的天气资料中,反映很明显。

4.2 建立、建好大(黑)风天气档案是做好大(黑)风预报的基础。

4.3 完善联防、联报,改善通讯设施、加强观测手段是预报、预防黑风的保障。

参考文献

- 1 高风荣等.甘肃河西“5·19”黑风分析.甘肃省天气预报文集(1980-1987).
- 2 张掖春季大风预报专家系统课题总结.
- 3 徐国昌等.甘肃省“4·22”特大沙尘暴分析.气象学报,39(4).
- 4 甘肃省气象局.1965年甘肃气候志.

The Causative Factors and Forecasting of the Black Storm in Hexi Corridor

Fu Youzhi Liu Kunxun Ding Rong Wang Xiyu Cao Ling Zhang Feng

(Zhangye Meteorological Bureau, Gansu Province 734000)

Dong Guangfu

(Yumen Meteorological Station)

Abstract

The causative factors of black storm in Hexi Corridor are analysed. A method of short range forecasting is developed. The forecast test of 9 black storms appeared after the 1970s. This forecasting method is noted for its simpleness, accuracy, availability and convenience of application.

Key Words: black storm prediction causation factor